Ein Apparat, welcher gestattet, die Gesetze von Filtration und Osmose strömender Flüssigkeiten bei homogenen Membranen zu studiren

VON

Dr. H. J. HAMBURGER.

Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam

(TWEEDE SECTIE)

Dl. IV. No. 8.

(MIT 2 TAFELN).

AMSTERDAM,
JOHANNES MULLER.
1895.

Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/b21724027

R39395

Ein Apparat, welcher gestattet, die Gesetze von Filtration und Osmose strömender Flüssigkeiten bei homogenen Membranen zu studiren. [1]

VON

Dr. H. J. HAMBURGER.

In meiner vorigen Abhandlung [2] habe ich gezeigt, dass wenn man Flüssigkeiten, gleichviel ob seröse oder nicht seröse, ob Lösungen von schwacher oder von starker Concentration, in die Bauch- und Pericardialhöhle einführt, diese Flüssigkeiten fast ausschliesslich von den im Peritoneum und Pericardium gelegenen feinen Blutgefässen aufgenommen werden.

Es war dann weiter die Frage, auf welche Weise dies statt fand.

Vor einem derartigen Problem befand sich vor Kurzem auch HEIDENHAIN, als er die Resorption von Flüssigkeiten im Dünndarm untersuchte [3]. Brachte er Serum eines Hundes in eine an zwei Stellen abgebundene Darmschlinge eines anderen Hundes, so sah er das Serum verschwinden, obgleich es mit dem Blutplasma des Versuchsthieres isotonisch war.

Von osmotischen Triebkräften konnte hier nicht die Rede sein. Es sollten darum, nach HEIDENHAIN, Lebenskräfte der Darmschleimhaut im Spiele sein. Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung gelangten

[1]) Der Apparat ist zu bekommen bei Herrn D. B. KAGENAAR, Mechaniker des Physiologischen Laboratoriums der hiesigen Universität.

[2]) Ueber die Reglung der osmotischen Spannkraft von Flüssigkeiten in Bauch- und Pericardialhöhle. Ein Beitrag zur Kenntniss der Resorption. Verhand. d. Koninkl. Akad. v. Wetensch. Dl. IV N°. 6. 1895.

[3]) Pflügers Arehiv B LVI, S. 600. 1894.

[4]) Journal of Physiology XVI N°. 1 und 2. S. 180. 1894.

auch STARLING und TUBBY, als sie beobachteten, dass Flüssigkeiten isotonisch oder nicht, mit dem Blutserum des Versuchsthieres, in der Brusthöhle resorbirt wurden.

Was war natürlicher als dass auch ich, bei meinen Versuchen, an eine Lebensäusserung des Peritoneums und Pericardiums dachte?

Doch ehe ich mich mit dieser Auffassung zufrieden stellen durfte, wünschte ich zu untersuchen, ob die beim lebenden Thiere beobachteten Erscheinungen beim todten fehlen würden.

Und nun stellte sich heraus, dass dies bei Thieren, welche 2 bis 24 Stunden und sogar länger todt waren, nicht der Fall war, ebensowenig als bei lebenden und todten Thieren derer ganzes Peritoneum thermisch oder chemisch tödtlich beschädigt war.

Auch beim Dünndarme wurden dieselben Erscheinungen an der getödteten Schleimhaut beobachtet, wie sie HEIDENHAIN an der lebenden constatirt hatte.

Erhellt also hieraus, dass die Resorption von Flüssigkeiten durch die Blutgefässe, *nicht* ans Leben gebunden ist, so kann es noch die Frage sein, in wie weit die postmortale Structur der Blutgefässe dafür verantwortlich gemacht werden muss.

Darum habe ich untersucht, ob die Resorptionserscheinungen vielleicht auch an *künstlichen*, homogenen, structurlosen Membranen hervorgerufen werden könnten.

Das war wirklich der Fall.

Im Allgemeinen haben die Physiologen und Pathologen, überzeugt von der grossen Bedeutung von Flüssigkeitsbewegung und von Stoffaustausch durch thierische Membranen für den Organismus, schon lange das Bedürfniss gefühlt, die bezüglichen Gezetze ausserhalb des Körpers systematisch zu studiren.

Gewöhnlich wandten sie hierzu thierische Häute an, wie Pericardium, getrocknete Harnblase, Darm u. s. w.

Im Jahre 1857 aber, sprach FICK die Wahrscheinlichkeit aus, dass man mit derartigen Membranen unmöglich reine Resultate bekommen könnte, weil man hier zu thun hat mit zusammengesetzten Geweben, aufgebaut aus porösen und aus nicht porösen, homogenen Theilen. Diese beiden Arten von Membranen sollten nach ihm jede für sich studirt werden. [1])

Mit den porösen konnte er kurz sein, weil GRAHAM dieselben ausführlich untersucht hatte. FICK hatte sich also hauptsächlich

[1]) MOLESCHOTT's Untersuchungen zur Naturlehre etc. B. 3. S. 294. 1857.

mit den homogenen zu beschäftigen. Leicht war diese Aufgabe aber nicht; denn wie allgemein dieselben im Körper auch vorkommen mögen, schwierig ist es, sie in freiem Zustand darzustellen; und was die *künstlichen* Membranen betrifft, wenn dieselben dünn sind — und das soll der Fall sein — so sind sie sehr wenig resistent.

Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang es ihm endlich eine Methode ausfindig zu machen, welche ihm gestattete, einige Thatsachen mit Sicherheit fest zu stellen. So fand er z.B dass homogene Häute ganz anderen Gesetzen folgen wie poröse.

Für die Anfertigung seiner homogenen Membranen gebrauchte er Collodion. Er arbeitete folgender Weise.

Von einem etwa 5 cc enthaltenden Kölbchen wurde die Innenwand mit einer Collodionlösung bedeckt.

Nachdem Alcohol und Aether verdampft waren, wurde an dem Halse das Häutchen vorsichtig gelockert und um ein Glasröhrchen gefaltet und befestigt.

Wurde nun am Röhrchen gesogen, so liess die Collodionschichte überall los und konnte aus dem Kölbchen entfernt werden.

Das also gebildete Beutelchen füllte er theilweise mit einer Salzlösung und setzte es dann in ein kleines, eine bekannte Menge Wasser enthaltendes Reservoir. Durch Wägung des Beutelchens vor und nach dem Versuch und durch Wägung des in's Wasser hinübergetretenen Salzes, konnte er die osmotische Wirkung fest stellen und bestimmen.

Fick hat die Nachtheile seiner Methode und die an derselben haftenden Fehler nicht verschwiegen.

War die Membran dünn — und das sollte dieselbe sein — so zeigten sich Falten am Beutelchen; innerhalb dieser Falten wurde an der Aussenseite der Membran ein gewisses Volum Wasser eingeschlossen und also vom übrigen Wasser nahezu ganz getrennt.

Es liegt auf der Hand, dass die innerhalb der Falten eingeschlossene Flüssigkeit eine andere Zusammensetzung erhielt als die übrige im Reservoir sich befindende Flüssigkeit.

Weiter stieg in den Falten die Lösung hinauf; so dass auch das Moment „*Druck*" das Resultat beeinflusste und zwar in einem nicht berechenbaren Maasse.

In diesen Falten erkannte Fick die bedeutendste Fehlerquelle seiner Methode.

Aber auch bei der Wägung waren Fehler unvermeidlich. Es war namentlich äusserst schwierig, das feine Beutelchen zuvor genau ab zu trocknen; auch war während der Wägung Verdampfung nicht aus zu schliessen.

Diesen von Fick selbst erhobenen Beschwerden könnte ich noch zwei andere hinzufügen. Erstens gestattet die Methode nur mit sehr kleinen Flüssigkeitsmengen zu experimentiren, so klein dass dieselben eine quantitative Analyse kaum erlauben. Eine einigermassen grössere Quantität würde das Beutelchen nicht ertragen. Zweitens kann von Durchströmungs — und Filtrationsversuchen hier nicht die Rede sein.

Es wird wohl auf Grund der genannten Erwägungen und der nicht geringen, mit der Anfertigung und Behandlung der Membranen verknüpften technischen Schwierigkeiten sein, dass Fick die von ihm in Aussicht gestellte Fortsetzung seiner betreffenden Experimente nicht gegeben hat und auch andere Physiologen die von ihm in seiner Abhandlung erfragte Mitwirkung nicht verleiht haben.

Diese Mitwirkung wurde ihm nicht vorenthalten, weil man sich für die Sache nicht interessirte; hat man ja nach dem Jahre 1857 wiederholte Male die Bewegung seröser und nicht seröser Flüssigkeiten durch Membranen zu studiren versucht, in 's Besondere mit Bezug auf die Lymphbildung.

Stets gebrauchte man aber zusammengesetzte Gewebe; gewöhnlich den todten Darm. Wir erinneren nur an die bekannten Versuche Runeberg's [1]), welche einige Zeit in der Frage der Lymphbildung bei arterieller Hyperämie und auch in der Albuminurie-Frage eine Rolle spielten. Ich glaube dass, nach den in Pekelharing's Laboratorium ausgeführten Untersuchungen von Van Beek, nur wenig Physiologen sich jetzt noch berechtigt achten werden, die von Runeberg am mehrschichtigen, theilweise faserig gebauten Darm gewonnenen Filtrationsresultate, ohne weiteres auf die Blutcapillaren zu übertragen [2]).

Doch hat Cohnstein [3]) ganz neuerdings wieder neue Versuche am todten Darme angestellt um Heidenhain's Schlussfolgerungen bezüglich der Lymphbildungslehre zu bekämpfen.

Ein Versuch zur Construction eines Apparates, welcher gestattet, an künstlichen homogenen Membranen die Gesetze von Filtration und Osmose zu studiren, kann, nach dem Erwähnten, nicht ganz überflüssig erscheinen.

[1]) Archiv f. Heilkunde XVII 1.

[2]) Im eigenthümlichen faserigen Bau des Darmes erkannte *Van Beek* die Ursache der von *Runeberg* beobachteten Permeabilitätsänderung. Vergl. *J. C. van Beek*. Over filtratie van vloeistoffen door vezelachtige vliezen. Diss. inaug. Utrecht 1883.

Auch in Archives Néerlandaises T. XIX. Sur la filtration des liquides à travers les membranes fibreuses.

[3]) Zur Lehre von der Transsudation. *Virchow's* Archiv B. CXXXV S. 514.

Vielleicht wird die Bemerkung gemacht werden, dass schon vor langer Zeit (1877) Pfeffer sich von homogenen Membranen bediente. Das ist auch in der That der Fall. Bekanntlich waren es Niederschlagsmembranen, d. h. Präcipitate, entstanden durch chemische Wechselwirkung zweier Salze oder anderer Verbindungen. Sie wurden gebildet in und auf den Poren von Thoncylindern.

Abgesehen von der Zartheit dieser Häute und von der Schwierigkeit, dass man hier nicht nur mit einer homogenen sondern hier und da auch mit einer porösen Membran (Thoncylinder) zu schaffen hat, sind dieselben für unseren Zweck nicht geeignet, weil sie semipermeabel sind (d. h. nur Wasser, und keinem Eiweiss und Salz den Durchgang gestatten), was von thierischen Membranen entschieden nicht behauptet werden darf.

Diese Semipermeabilität gilt auch für die später von G. Tamman angefertigten stärkeren Niederschlagsmembranen, welche ausserdem für unseren Zweck viel zu dick sind.

Um die Demonstration des Apparates zu erleichteren, bitten wir den Leser uns bei der Vorbereitung zu einem Versuch zu folgen. Wir werden dann in der Gelegenheit sein, die verschiedenen Theile in der geeigneten Reihefolge zu beschreiben und wo nöthig auf derer Bedeutug hinzuweisen.

Das Wesentliche unseres Apparates ist natürlich die Membran.

Diese wird angefertigt, indem ein Rohr von Metallgaze in horizontaler Richtung um seine Längsaxe gedreht wird in einer Flüssigkeit, aus welcher sich die Membran bilden soll. Hierbei füllen sich die Maschen der Gaze von selbst an.

Als Flüssigkeiten habe ich bis jetzt mit Erfolg versucht: Lösungen von Gelatin, von Gelatin und Agar-Agar und von Collodion.

Nachdem das Rohr aus der Flüssigkeit entfernt ist, fährt man eine kurze Zeit fort, dasselbe um die Längsaxe in horizontaler Richtung herum zu drehen: bald ist die Membran fest geworden.

Hält man nun das Rohr vor das Licht, so bemerkt man zuweilen ein nicht gefülltes Fensterchen. Es ist sehr leicht diesem Fehler abzuhelfen, indem man aus einer feinen Pipette ein wenig von der flüssigen Membransubstanz hinauffallen lässt.

Fürchtet man aber aus irgend einem Grunde eine örtliche Verdickung der Membran, so kann man, wenn die algemeine Dickezunahme keine Beschwerde ist, das Rohr nach einmal in der Flüssigkeit herumdrehen; sonst hat man eine neue anzufertigen.

Zu diesem Zweck wird das Rohr in kochendes Wasser gelegt,

wenn nämlich die Membran aus Gelatine oder aus Gelatine-Agar bestand; in ein Gemisch von Alkohol-Aether dagegen, wenn die Membransubstanz Collodion war.

Die Reinigung wird beschleunigt, wenn man eine Bürste zu Hülfe nimmt.

Nachdem endlich das Rohr in kaltem Wasser gründlich abgespült ist, wird es mittels eines Tuches abgetrocknet und auf einige Minuten an einen warmen Ort gelegt.

Die Erwärmung hat einen zweifachen Vortheil: 1°. wird das Trocknen der Gaze beschleunigt, 2°. haftet die Membran besser am Metaldraht. Indessen habe ich mit kalten Rohren auch recht gute Resultate bekommen.

Man kann nun unmittelbar zur Anfertigung einer neuen Membran schreiten.

Gewöhnlich mache ich drei Membranen hintereinander; zwei also in Vorrath. Es ereignet sich nämlich nicht selten, dass sich erst während der Füllung des homogenen Rohres mit Flüssigkeit ein Fehler in der Membran zeigt. Hat man nun sofort eine neue Membran zur Verfügung, so wird die Verzögerung sehr beschränkt.

Die präparirten Rohre werden aufbewahrt in verschlossenen Glascylindern, also nicht der Luft ausgesetzt; denn sonst würde die Membran austrocknen [1]) und beim Versuch hätte man dann zu warten, bis dieselbe sich wieder mit der ursprünglichen Flüssigkeitsmenge imbibirt hat.

Diese Bemerkung bezieht sich natürlich nicht auf Collodionmembranen. Diese werden nach völliger Verdampfung von Alcohol und Aether, in verschlossenen Flaschen aufbewahrt, nur um dieselben vor Verunreinigung zu schützen.

Noch ein Paar Bemerkungen über das Rohr. Man kann demselben eine willkürliche Form geben. Die bis jetzt von mir gebrauchten sind abgebildet in Fig. *3* und *4* [2]). Sie bestehen aus ge-

---

[1]) Ich denke nicht daran, die Aufbewahrung in verschlossenen Flaschen als eine allgemeine Regel vorzustellen. Ich kann mir Fälle denken, in welchen das vorherige Austrocknen gerade erwünscht ist.

[2]) Diese beiden Figuren waren zugleich mit Fig. *1* und *2* auf derselben Platte photographirt, indem die Objecte unter einander, in einer verticalen Fläche, an seidenen Fäden aufgehängt waren; die Photogrammen sind auf lithographischem Wege reproducirt. Die *relative* Grösse der Bilder entspricht somit der Wirklichkeit. Die wahre Länge von *bc* ist 25 cM.

Auch Fig. *5* habe ich durch Photographie erhalten und würde später lithographirt. Fig. *6* (Tafel II) dagegen habe ich gezeichnet. Sie stellt einen vertikalen Durchschnitt durch den Haupttheil des Apparates vor. Das Gazerohr sollte also nicht mit Pünktchen

wälzter Nickelgaze, derer Maschen eine Länge und eine Breite von 0.8 mM. besitzen. Am meisten habe ich *3* angewandt. An den beiden Enden findet man Kupferstücke *b* und *c* eingelöthet, die dazu dienen um das Rohr mit anderen Theilen des Apparates verbinden zu können. *c* hat ein Schraubengewinde. (Vergl. hierzu auch Fig. *4*.)

Ist die Membran zum Gebrauch fertig, so wird das Rohr bei *b* versehen von einem Gummipfropfen *d*, in welchem ein Glasrohr *e* passt (Vergl. Fig. *2*). Weiter wird das Ende *c* geschraubt an das Metallstück, welches an der linker Seite von Fig. *2* zu sehen ist und welches ich jetzt beschreiben werde.

Es ist hohl und links verschlossen mit einem Gummipfropfen *f*; weiter trägt es zwei Metallröhrchen, eins (*g*) von unten und ein anderes (*h*), welches auf der Abbildung nicht sichtbar ist, weil ein Gummirohr darüber geschoben ist, welches Gummirohr ein Glasrohr mit Hahn *i* trägt

h i steht mit dem Hohlraum des Metallstückes, also mit dem Innern des Gazerohres in offener Verbindung. (Vergl. auch Fig. *4*).

Der also zusammengesetzte und durch Fig *2* vorgestellte Theil muss in das in Fig. *1* abgebildete Rohr geschoben und darin befestigt werden.

Fig. *1* stellt ein an beiden Seiten offenes ziemlich dickwandiges Glasrohr vor. Links ist das Rohr umgeben von einem Kupferstück, das zwei Metallröhrchen *k* und *l* trägt, welche mit dem Innern des Glasrohres in Communication stehen. Die Bedeutung dieser Röhrchen besprechen wir sofort. Weiter sieht man vier Schrauben mit Muttern. Nur zwei von diesen Schrauben mit Muttern, *m* und *m'* sind auf der Abbildung völlig sichtbar.

Übrigens findet man an der rechten Seite des Glasrohres einen metallnen Band, welcher ein Röhrchen *n* trägt, das, ebenso wie *k* und *l* mit dem Innern des Glasrohres in Verbindung steht.

Wie gesagt, muss Rohr Fig *2* in Rohr Fig. *1* geschoben werden. Hierzu werden die Schraubenmuttern *m* und *m'* (und auch die zwei nicht deutlich sichtbaren) weggenommen und dann wird Theil *2*, mit dem Glasröhrchen *e* voraus, in der Richtung von Links nach Rechts in Theil *1* eingeführt.

---

angefüllt sein. Ich habe es aber doch gethan um das Rohr mit seinen Maschen deutlicher hervortreten zu lassen.

Metall ist schwarz, Glas ist blau und Gummi roth gefärbt.

Nun befinden sich in der Metallscheibe *o* des bei Fig. *2* beschriebenen linken Metallstückes vier Löcher, welche den in Fig. *1* angedeuteten Schrauben gerade den Durchgang gestatten. Ist das geschehen, so werden die Schraubenmütter auf die Schrauben gedreht und auf diese Weise wird die Metallplatte *o* von Fig. *2* gegen die Metallplatte *p* von Fig. *1* angedrückt. Zwischen *o* und *p* befindet sich noch eine Gummischeibe.

Begreiflicherweise ragt nun das Glasröhrchen *e* von Fig. *2* aus dem grossen Glasrohr von Fig. *1* heraus. In letzterer Figur sieht man einen Gummifpropfen *q* abgebildet. Dieser besitzt eine centrale Bohrung, welche dem Glasröhrchen *e* den Durchgang gestattet. Die Bohrung wird über *e* gesehoben, bis der Pfropfen das grosse Glasrohr genau abschliesst. (In der Fig *1* ist der Pfropfen in einiger Entfernung von der Offnung des Glasrohres gezeichnet).

Jetzt ist der Haupttheil des Apparates fertig. Man vergleiche Fig. *6* (Tafel II).

Der Leser had schon bemerkt, dass durch das Glasröhrchen *e* hindurch, das Lumen des homogenen Rohres gefüllt werden muss. Hierzu ist *e* (Sieh Fig. *5*). mit einem Gummischlauch *r* verbunden, welcher Gummischlauch sich wieder an ein Glasrohr mit Glashahn *s* anschliesst Mit dem Glasrohr steht der Trichter *t* in Verbindung. Der Trichter empfängt Flüssigkeit aus Röhrchen *u*, und *u* wieder aus *v* . *v* ist ein Glashahn, welcher durch eine auf der Flüssigkeit im Trichter treibenden gläsernen Hohlkugel *w* in Bewegung versetzt wird. Auf diese Weise wird der Flüssigkeitsstrom aus dem mit *x* verbundenen Reservoir (auf der Abbildung nicht sichtbar) geregelt und die Flüssigkeit im Trichter auf constantem Niveau gehalten.

Die Druckhöhe der in das homogene Rohr strömenden Flüssigkeit kann nach Willkür variirt werden. Erstens kann der Ring in welchem der Trichter ruht und auch der Hahn mit Hohlkugel, des Kupferstabes *y* entlang bewogen werden, und zweitens kann man auch den ganzen Kupferstab selbst verstellen.

Natürlich muss während der Füllung des homogenen Rohres, Hahn *z* (Sieh Fig. *5* an der linken Seite unten) geschlossen sein. Wünscht man aber später, nach der Füllung, eine *Strömung*, so hat man *z* zu öffnen. Es liegt auf der Hand, das der Höhestand von Hahn *z* einen grossen Einfluss auf den hydrostatischen Druck an den verschiedenen Theilen der homogenen Membran ausüben muss. Mittels Schraube *1* kann *z* auf willkürliche Höhen gebracht werden.

Jetzt muss der Mantelraum angefüllt werden d. i. der Raum zwischen dem homogenen Cylinder und dem grossen Glasrohr.

Die Flüssigkeit strömt ein bei *n* und zwar aus Trichter *2*, welcher, ebenso wie Trichter *t* am Kupferstabe *y* auf- und niederbewogen werden kann.

Aus der Figur ist ersichtlich, das Gummischlauch *3* und Glashahn *4* von der Flüssigkeit passirt werden.

Wo muss nun die Luft aus dem Mantelraum entweichen? Bei der Fig. *1* sprachen wir schon von zwei Röhrchen *k* und *l*. In Fig. *5* findet man *k* versehen mit einem Glasrohr, in welchem Hahn *5*, während mit *l* ein Gummirohr mit Glasrohr und Glashahn *6* verbunden ist. Schliesst man Glashahn *6*, so kann bei der Füllung des Mantelraums die Luft durch den geöffneten Hahn *5* entweichen. Mittels Schraube *7* kann man Hahn *6* auf und niederschieben.

Es braucht nicht gesagt zu werden, dass man mittels der beschriebenen Einrichtung auch durch den Mantelraum Flüssigkeit kann durchströmen lassen. Auch auf Trichter *2* kann man einen selbstregulirenden Glashahn anbringen.

Der Rest des Apparates ist von relativ untergeordneter Bedeutung. Beim eisernen dreifüssigen Stativ *8* verdient Erwähnung, dass eine Stellschraube *9* angebracht ist um während der Füllung der beiden Rohre, der linken Seite einen höheren Stand ertheilen zu können als der rechten; was absolut nothwendig ist um die letzten Luftblasen zu vertreiben. Ist die Füllung geschehen, so wird die Schraube wieder zurückgedreht bis die Rohre wieder einen horizontalen Stand bekommen haben.

Weiter ist zu bemerken, dass im Stativ *8* sich ein kupferner Hohlstab *10* bewegen und darin fixirt werden kann. Dieser vertikale Stab *10* trägt das Gestell *11*, auf welchem die beiden Rohre ruhen, und an welchen auch die Kupferstaben *y* und *12*, so wie auch die Scala für die Glasrohre *h i* und *k 5* befestigt sind.

Anfänglich gebrauchte ich Klemmschrauben statt Glashähnen, kam aber davon zurück als Membranen, welch sich einige Zeit als vortrefflich erwiesen hatten, zuweilen plötzlich zu lecken anfingen.

A posteriori ist es dann auch leicht verständlich, dass in einem Reservoir, welches man mit einer Klemmschraube verschliesst, eine geringe Drucksteigerung entstehen muss. Wird nun der Wand des Reservoirs, wie hier, von dünnen Fensterchen einer zarten Substanz gebildet, so kann es nicht befremden, dass ein Riss oder eine kleine Öffnung darin entsteht.

Die Anwendung des Apparates beruht somit in der Hauptsache auf Folgendem:

1°. *Schiefstellung des Apparates* mittels Schraube *9*.

2°. *Füllung des homogenen Rohres.*

Hierzu wird, nachdem Hahn *z* und *i* geöffnet sind, auch Hahn *s* geöffnet. Sobald aus *z* Flüssigkeit auszutröpfelen anfängt, wird dieser Hahn geschlossen. Nun füllt sich das homogene Rohr weiter. Der hydrostatische Druck ist genau zu messen und zu regelen

Nach der Füllung bemerkt man unmittelbar ob die Membran irgendwo einen kleinen Riss hat; denn in diesem Fall sinkt die Flüssigkeit im Rohr *hi* ziemlich schnell und sieht man auch an der Aussenfläche der Membran Tropfen sich ansammlen.

Indessen verdient bemerkt zu werden, dass eine geringe Senkung in *hi* im Anfang immer Statt findet, weil die Membran einige Flüssigkeit imbibirt. Man braucht aber nur kurze Zeit mit dem Apparat gearbeitet zu haben, so sieht man unmittelbar, ob die erste Senkung einem Fehler in der Memban zugeschrieben werden muss, oder ob nur Imbibition daran zu Grunde liegt.

Bis jetzt habe ich bei allen Untersuchungen noch wenigstens eine halbe Stunde nach dem Stillstand des Niveau in *hi* gewartet, bis ich zu „3" überging.

3°. *Füllung des Mantelraums* (Glasrohr).

Diese Füllung findet statt mittels Trichter *2* und Glashahn *4*. Hahn *5* und *6* sind geöffnet. Letztere bleibt offen bis Flüssigkeit auszutröpfelen anfängt, dan wird er geschlossen. Auch hier ist der hydrostatische Druck genau zu messen und zu regelen (Rohr *k* 5).

4°. *Horizontalstellung des Apparates.*

Hierzu wird Schraube *9* zurückgedreht.

Jetzt kann der eigentliche Versuch mit oder ohne Durchströmung anfangen.

Ist der Versuch beëndigt, so überzeugt man sich vom volkommenen Schluss der Membran, indem man die Flüssigkeit aus dem Mantelraum oder aus dem homogenen Rohr abfliessen lässt. Bleibt das Flüssigkeitsniveau — abgesehen von einer plötzlichen kleinen Senkung durch Formveränderung der Membran — in *hi*, bezw. in *k 5* constant, so ist damit das Unversehrtsein der Membran bewiesen. Zuweilen giebt aber der Gang des Versuchs schon eine Antwort auf die Frage oder wenigstens eine werthvolle

Anweisung. Ist z. B. die Aussenflüssigkeit (im Mantelraum) eine 2%-ige Kochsalzlösung, die Innenflüssigkeit eine 1%-ige und steigt dann das Niveau in *k 5* über das in *hi* hinaus, so ist die Membran höchst wahrscheinlich als unversehrt zu betrachten [1]), u. s. w.

Die Vorzüge unserer Methode gegenüber der Fick'schen lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen.

1. Die Anfertigung der Membran begegnet keinen technischen Schwierigkeiten von einiger Bedeutung.

2. Von Falten in der Membran und deshalb von hieraus möglicherweise entspringenden Fehlern kann nicht die Rede sein.

3. Durch die Anwendung von Metallgaze ist man an eine bestimmte Form der Membran nicht gebunden. So sieht man z. B. in Fig. *4* eine Rohre abgebildet, welche einigermassen die Verhältnisse im Blutgefässsystem nachahmt. Bekanntlich besitzt das Capillarnetz einen grösseren Gesammtdurchschnitt als die Arterien aus welchen es entsteht. Vereinigen sich die Capillaren wieder zu Venen, so nimmt der Flächendurchschnitt wieder ab, aber bleibt doch grösser als der der entsprechenden Arterien.
In Fig. *4* stellt *13—14* eine Arterie, *14—15* die Capillaren und *15—16* die entsprechende Vena vor.

4. Die Membran kann sehr dünn sein. Membranen von $^1/_{50}$ m.M. Dicke gehören gar nicht zu den dünnsten, welche wir mit Erfolg angefertigt und gebraucht haben.

5. Die Natur und die Zusammensetzung der Membran kann bis auf gewisse Höhe nach Willkür geändert und der Einfluss der Modificationen auf Filtration und Osmose untersucht werden.

6. Der hydrostatische Druck kann genau gemessen und geregelt und dessen Einfluss auf Filtration und Osmose genau studirt werden.

---

[1]) Bedeutend *kann* die Steigerung nicht sein, denn die von uns gebrauchten Membranen sind nicht semipermeabel.

7. Unser Apparat gestattet auch die Flüssigkeits-*strömung* in den Kreis der Versuche über homogene Membranen aufzunehmen.

Wir betrachten das als einen grossen Vortheil, weil auch im lebenden Körper alle Flüssigkeiten in Bewegung begriffen sind.

8. Man verfügt über eine reichliche Menge Flüssigkeit zum Behufe der Analyse.

(In unserem Apparat enthält das homogene Rohr (Fig. *3*) 46 cc und der Mantelraum 85 cc Flüssigkeit).

Schlussfolgerung aus einer mit dem beschriebenen Apparat ausgeführten Versuchsreihe.

Es liegt nicht im Plane des vorliegenden Aufsatzes, die Resultate mitzutheilen, welche unser Apparat uns bis jetzt geliefert hat.

Wir können aber nicht umhin, hier mit einigen Worten zu besprechen, in wie weit der ursprüngliche, specielle Zweck, zu welchem der Apparat ausgedacht und angefertigt wurde, erreicht ist.

Wie wir im Anfange vorliegender Arbeit sagten, beabsichtigten wir zu untersuchen, ob der bei lebenden und bei todten Individuen beobachtete Flüssigkeitsübergang aus der Bauchhöhle in die peritonealen Blutgefässe vielleicht auch nachgeahmt werden könnte, wenn man statt eines Blutgefässes einen künstlichen, homogenen Cylinder nähme.

Hierzu wurde folgender Versuch angestellt.

Die Membran besteht aus sterilisirter, neutralisirter zehnprocentiger Gelatine [1]).

Gelatinrohr und Mantelraum werden beide angefüllt mit *demselben* Blutserum. Hahn *i*, *6*, *s* und *4* sind geschlossen. Hahn *z* und *5* dagegen sind geöffnet. Es hängt sozusagen eine Flüssigkeitssäule *gz* an der Flüssigkeit im Gelatinrohr.

Aus *z* tröpfelt Serum hinaus. Und dieses Serum stammt vom Mantelraum, aus welchem es durch die Gelatinmembran, in das Gazerohr hineingesogen wird.

Erst sieht man dann auch im Rohr *k 5* die Flüssigkeit rasch hinabsteigen, später sammelt sich Luft im Mantelraum an.

Öeffnet man nun aber Hahn *s* ein wenig, so tritt natürlich eine bedeutende Beschleunigung des Flüssigkeitsstroms aus *z* ein. Aber

[1]) Mit derartigen Membranen konnte ich gewöhnlich vier Tage experimentiren. Dann fingen sie zu lecken an.

zu gleicher Zeit nimmt nun auch die Flüssigkeit aus dem Mantelraum ab und zwar viel schneller als wenn *s* nicht geöffnet ist.

Je schneller die Flüssigkeit aus Trichter *t* durch Hahn *s*, und durch *z* ausströmt, des to schneller nimmt die Flüssigkeitsmenge aus dem Mantelraum ab. Bei der Durchströmung kann die Abnahme das Zehnfache erreichen der, welche man beobachtet, wenn bloss eine Druckdifferenz und keine Strömung stattfindet.

Bei der Strömung durch das homogene Rohr wird also aus dem Mantelraum durch die Gelatin-membran hindurch Flüssigkeit mitgezogen.

Für das Zustandekommen der letzten Erscheinung ist es nach meinen Versuchen eine Bedingung, dass durch *z* mehr abfliessen kann als *s* zuführt, was mit der Öffnungsweite der beiden Hähne leicht zu regelen ist, und auch dadurch constatirt werden kann, das im Rohr *hi* keine Flüssigkeit steht [1]).

Genannte Bedingung ist auch im Körper erfüllt; denn die Venen können mehr abführen als die Arterien zuführen.

Am Ende des Versuchs wird die Gelatin-membran durch vollkommene Entleerung des Mantelraums geprüft. Hahn *s* wird ein wenig geöffnet um das Serum in *hi* hinaufsteigen zu lassen; dann wird Hahn *s* geschlossen. Das Niveau in *hi* bleibt unverändert. Die Membran ist also unversehrt geblieben.

Weiter stellt sich heraus, dass das soeben aus dem Mantelraum entfernte, noch zurückgebliebene Serum einen bedeutend grösseren Eiweissgehalt besitzt als das hindurchgeführte. Ohne Zweifel rührt das daher, dass Wasser und Salze leichter durch die Gelatin-membran hindurch gehen als Eiweiss.

Genau dasselbe Ergebniss erhielt Heidenhain bei seiner Resorptionsversuchen mit serösen Flüssigkeiten am lebenden Dünndarm und ich bei den nämlichen Versuchen am todten Dünndarm.

Auch in der Pericardialhöhle lebender Hunde sah ich den Eiweissgehalt des injicirten Serums bedeutend zunehmen.

Auf diese Weise ist dann die Resorption von mit dem Blutplasma des Versuchsthieres isotonischem Serum nachgeahmt an künstlichen Membranen.

Auch die Resorption von gegenüber dem Blutplasma des Versuchsthieres *hyperisotonischen* Lösungen ist an diesen Membranen nachzuweisen.

---

[1]) Wir haben an lebenden Thieren constatiren können, dass bei der Resorption der hydrostatische Druck ein wichtiger Faktor ist.

Bringt man in den Mantelraum eine zwei-procentige NaCl-Lösung und leitet durch das Gelatinrohr eine ein-procentige, so sieht man die erstere Lösung den Mantelraum verlassen. Während dieser Resorption findet eine Ausgleichung der osmotischen Spannkraft beider Flüssigkeiten statt und zwar viel schneller als wenn die beiden in Ruhe verkehren. Letztere Erscheinung braucht keine Erklärung.

Zahlen und Besonderheiten der oben erwähnten Versuche werde ich hier nicht geben. Mein Zweck war nur, vorläufig mitzutheilen, wie es durch den beschriebenen Apparat möglich ist, zu zeigen, dass für die Erklärung der Resorption von gegenüber dem Blutplasma des Versuchsthieres isotonischen und hyperisotonischen Flüssigkeiten, keine Lebenserscheinung zu Hülfe gerufen zu werden braucht, wie Heidenhain es wünscht. Es handelt sich hierbei nur um einen mechanischen Process.

Fig. 1.

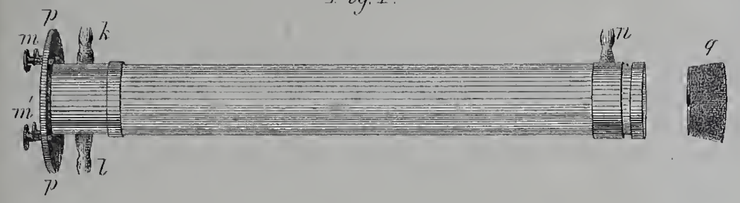


Fig. 2.

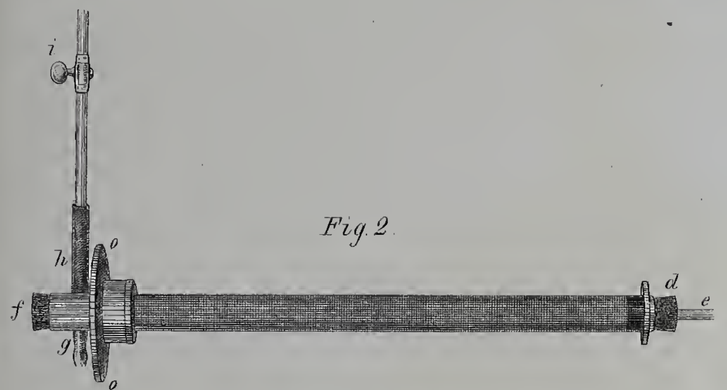


Fig. 3.

Fig. 4.

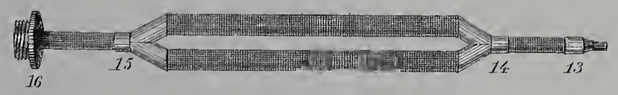
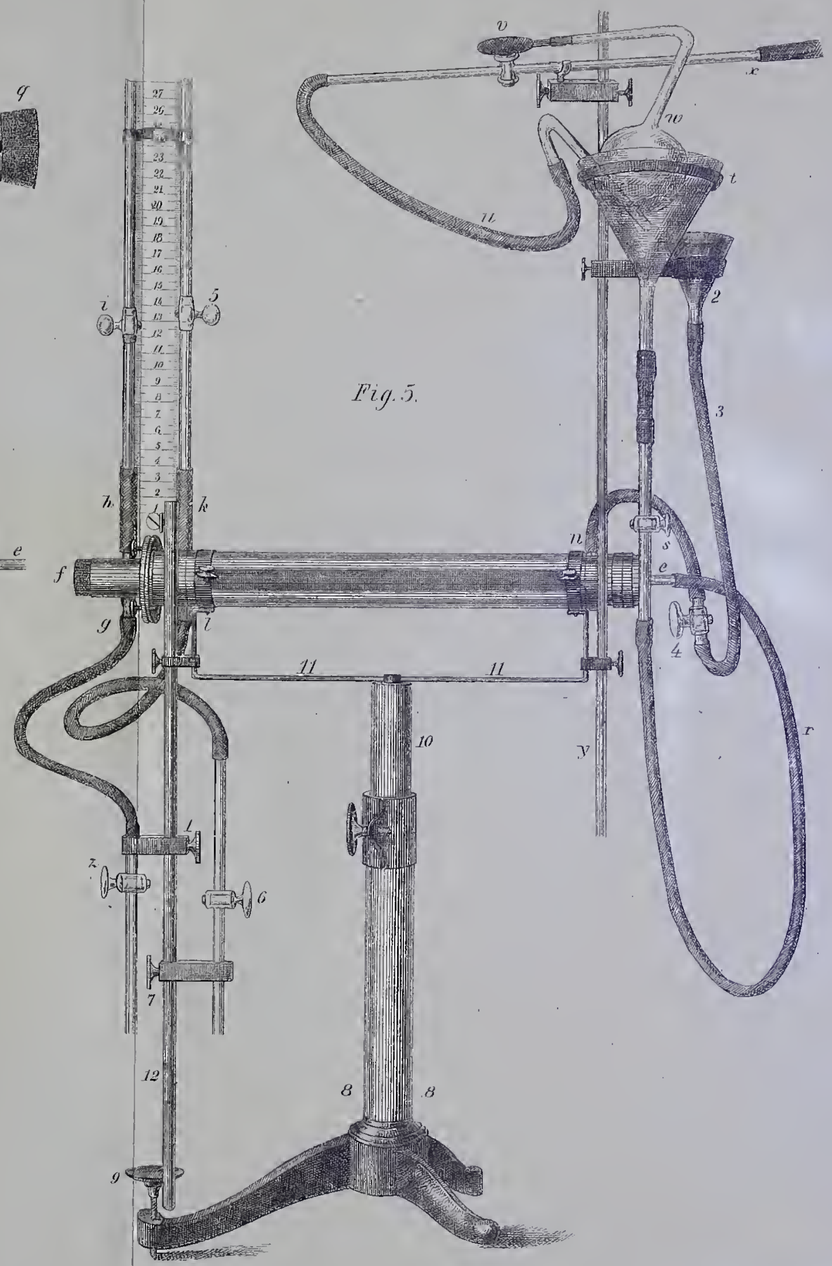
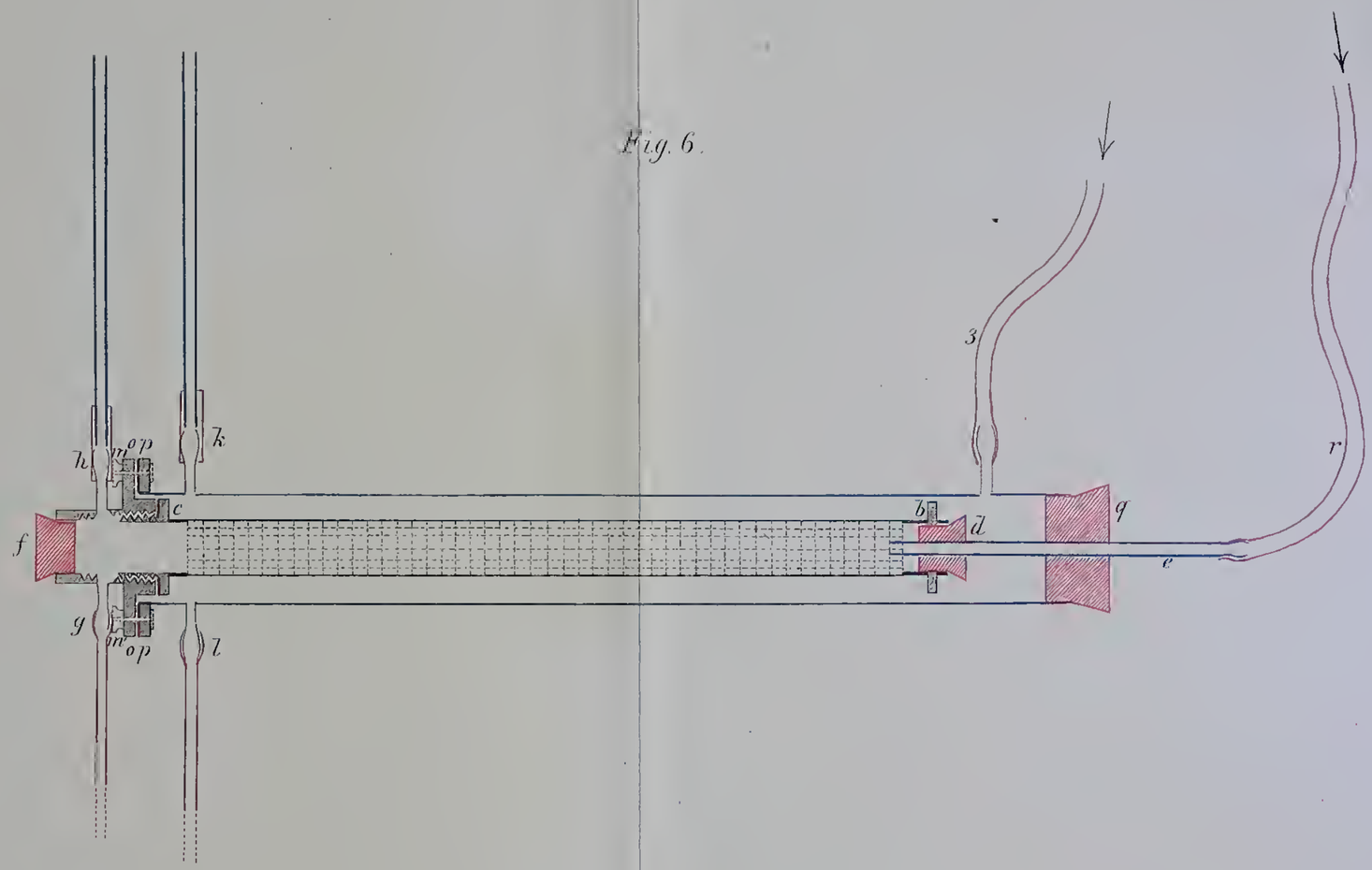


Fig. 5.



Lith. D. W. C. Groot Dzn.

Fig. 6.



H. J Hamburger del.

Lith. D. W. C. Graot Utr.